

Ю.В. ТИМОФЕЕВ, В.А. ФАДЕЕВ, М.С. СТЕПАНОВ, С.А. НАЗАРЕНКО

ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЕГО ИЗДЕЛИЙ

Theoretical fundamentals of an integrated Continuous Acquisition and Life-cycle Support system structure are its subsystems are given. Conditions and ways to increase their elements Product Lifecycle Management efficiency are described. Structures optimization methods set application are described.

Известно, что каждые 10 лет развития науки и техники характеризуется усложнением технических систем в два – три раза. Повышение точности объектов производства приводит к увеличению трудоемкости и затрат на их изготовление. Развитие науки и техники в условиях рыночной экономики, интенсификация рабочих процессов, усложнение конструктивных форм, применение новых материалов и технологий обуславливают необходимость расширения интеграции математических моделей, обеспечивающих инновационные решения широкого спектра междисциплинарных проблем машиностроительных изделий.

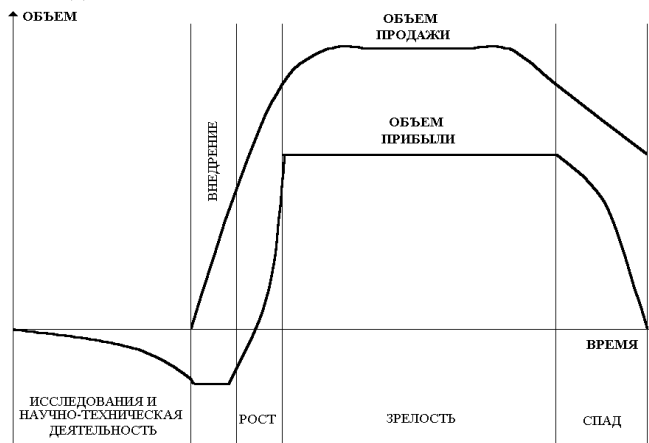


Рис. 1. Основные стадии жизненного цикла инновационного процесса

Для анализа инновационной деятельности предприятия точного машиностроения можно использовать понятие жизненного цикла изделия, в ходе которого изделие проходит различные стадии – исследования, внедрения, роста, зрелости и спада (Рис.1). Причем широко распространен подход к оценке этапа жизненного цикла в соответствии с которым в качестве важнейших показателей используется объем продаж и прибыли.

Это достаточно важно для нашей страны, обладающей, с одной сторо-

ны, значительным научно-промышленным потенциалом, а с другой стороны - теряющей рынки сбыта от недостаточной гибкости в перестройке на выпуск более дешевой и качественной продукции в сжатые сроки. Кроме того, неустойчивость спроса на продукцию машиностроительных предприятий и отличие требований заказчика заставляет производителя выпускать продукцию различными партиями с высоким уровнем надежности и качества [1,3,4,5]. В сложившихся условиях производитель вынужден искать не традиционные пути преобразования производства направленные на управление конкурентноспособностью продукции. Для решения проблемы организации управления информацией об изделии на протяжении его жизненного цикла, начиная с 80-х годов 20 века предлагались различные подходы. Министерство обороны США разрабатывало методику автоматизированной поддержки принятия решений по приобретению изделий и материально-техническому обеспечению (Computer-Aided Acquisition and Logistics Support), компания Computer-vision сформулировала концепцию "автоматизации производства изделия", корпорация IBM изобрела систему обеспечения компьютерного интегрированного производства (Computer Integrated Manufacturing, CIM). Современный этап развития высокоточной промышленности связан с CALS (Continuous Acquisition and Life-cycle Support), PLM (Product Lifecycle Management), ИПИ (Информационная поддержка жизненного цикла изделий) – концепцией, объединяющей принципы и технологии поддержки жизненного цикла продукции на всех его стадиях, основанная на использовании постоянно развивающейся интегрированной информационной среды (единого информационного пространства(ЕИП)), обеспечивающей единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников: заказчиков (включая государственные учреждения и ведомства), поставщиков (производителей), эксплуатационного и ремонтного персонала, реализованной в соответствии с требованиями системы международных, государственных и отраслевых стандартов, регламентирующих правила указанного взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными [6,7,8,13,14]. Стратегия PLM предусматривает двухэтапный план создания ЕИП: 1) автоматизация отдельных процессов (или этапов) ЖЦ изделия и представление данных на них в электронном виде; 2) интеграция автоматизированных процессов и относящихся к ним данных, уже представленных в электронном виде, в рамках ЕИП. CALS позволяет: сократить временные издержки в 1,5-2 раза за счет сокращения времени на поиск информации, времени проведения изменения и количества самих изменений; повысить производительность труда за счет возможности повторного использования компонент изделия (их доля может быть доведена до 80%); повысить качество продукции за счет контроля за качеством данных и за соответствием процессов предприятия требованиям стандартов серии ISO 9000 [2,9,10,19,20]. Прогресс современной вычислительной техники позволяет подойти к проблеме жизненного цикла изделий машиностроительного производства как к резуль-

тату взаимодействия огромного числа конструкторских, технологических и производственных факторов. Сегодня для разработки разнообразной продукции промышленные предприятия широко используют следующие компьютерные технологии – программные средства автоматизации: CAD (Computer-Aided Design) – геометрическое моделирование, автоматизация конструкторских работ; CAE (Computer-Aided Engineering) – системы инженерного моделирования и анализа; CAM (Computer-Aided Manufacturing) - системы, автоматизирующие технологическую подготовку производственных процессов; PDM (Product Data Management) – система, ориентированная преимущественно на информационную поддержку CAD – моделирования; SDM (Simulating Data Management) - системы, ориентированные на информационную поддержку процессов инженерного расчетного CAE моделирования; VPD: Virtual Product Development - системы виртуальной разработки продукции; BOM (Bill of Materials) – базы данных по используемым материалам [15,16,17,18]. В результате использования современных систем автоматизированного проектирования (на этапе проектирования) разработчик получает численные данные о характере распределения нагрузки в элементах конструкции при моделировании реальных условий эксплуатации изделия. Это позволяет существенно сократить время отладки конструкций, снизить материальные затраты производства, сбалансировать требования по качеству деталей, входящих в состав изделия. Однако, результаты моделирования практически не используются на этапе технологической подготовки производства, т. к. современный уровень технологического проектирования, к сожалению, существенно отстал от достижений в области автоматизированного конструирования.

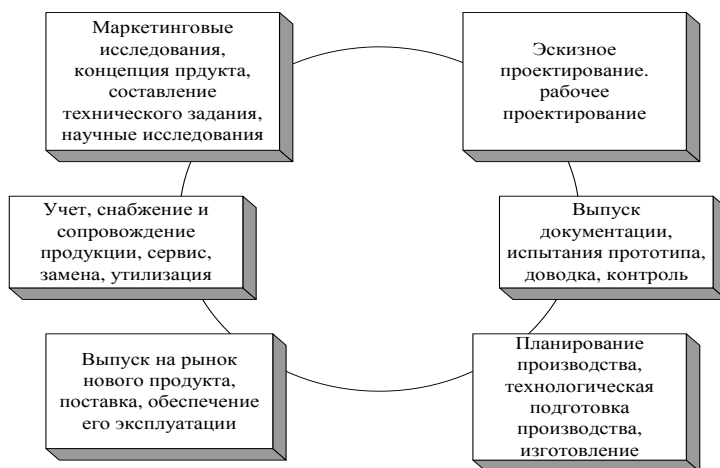


Рис. 2. Элементы жизненного цикла машиностроительного производства

До сих пор технолог в качестве задания на проектирование получает лишь данные о материале и геометрии детали, ее дополнительной обработке и серийности выпуска и не располагает сведениями о реальном распределении нагрузки по объему детали.

В связи с этим, возможность управления качеством изделия за счет технологии ее изготовления полностью не реализуется [21,22,23,24,25].

Важная задача производства заключается в его интенсификации за счет снижении временных и материальных затрат на конструкторско-технологическую отладку процесса изготовления конкретного изделия. Она может быть решена при соблюдении принципа системности в подходе к организации конструкторских и технологических работ. Отставание уровня автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП, САМ) от систем автоматизированного проектирования конструкторских работ (САПР КР, САД) объясняется несколькими объективными причинами. Наиболее существенная из них заключается в том, что САПР КР в отличие от АСТПП универсальны. Конструкторские системы могут применяться без существенной адаптации практически на любом машиностроительном предприятии. Для них характерны широкий рынок сбыта, возможность продажи «под ключ». Поэтому фирмы-разработчики программного обеспечения в области САПР проявляют наибольший интерес именно к этому типу систем. АСТПП, напротив, специализированны и зависят от характера производства, вида выпускаемой продукции, серийности их выпуска. Кроме того, прикладное программное обеспечение АСТПП неоднородно по назначению. Оно формируется из набора продуктов, каждый из которых обеспечивает разработку отдельного вида технологических процессов [28,29,30,31,32]. Практически каждое изделие может быть изготовлено по нескольким альтернативным технологиям. Одним из важнейших критерием выбора наилучшего из вариантов, помимо требуемого уровня качества, является экономическая эффективность разрабатываемого процесса. С задачей выбора экономически выгодной технологии успешно справляются современные автоматизированные системы материального и календарного планирования (АСКМП), которые, помимо расчетов экономической эффективности, предназначены для планирования и координации работы предприятия. Каждый поставщик представляет собой специализированное звено в наборе длинных технологических цепей процессов жизненного цикла продукции. Если такое звено ослабнет или разрушится, то распадается вся цепь. Это хорошо видно на схеме (рис.2 и 3), где обобщенный процесс функционирования представлен как перемещение по контурной траектории (кольцу), который не должен выходить за установленные значения показателей (качество продукции, соблюдение сроков поставок, норм расходов ресурсов).

В стабильной, благоприятной внешней среде это условие обеспечивает за счет планирования и реализации технологий текущего менеджмента. Коррекция траектории при воздействии непредвиденных внешних или внут-

ренних факторов требует значительно больших затратных методов антикризисного управления. Что подтверждается ходом развития предприятий точного машиностроения последних лет. При плановой экономике схема, приведенная на рис. 3, укладывается в допустимые границы планового обобщенного показателя результативности и эффективности. Потому что, государство, как собственник, через отраслевое министерство создавало гигантские заводы-монополисты, формировавшие значительную долю стоимости конечного товара. Ранее об анализе рынка не могло быть и речи. Уже на этапе проектирования головного предприятия закладывались планы по номенклатуре и объемам сбыта его продукции и назначались постоянные поставщики. Все факторы внешней среды планировались в масштабе государства и отрасли. Зачастую, вопреки экономической логике, по политическим соображениям или ходатайству региональных властей – за тысячи километров от головного предприятия. Однако, у плановой экономики были безусловные достоинства. Например, действовала развитая система подготовки кадров, региональные учебные заведения с едиными программами.

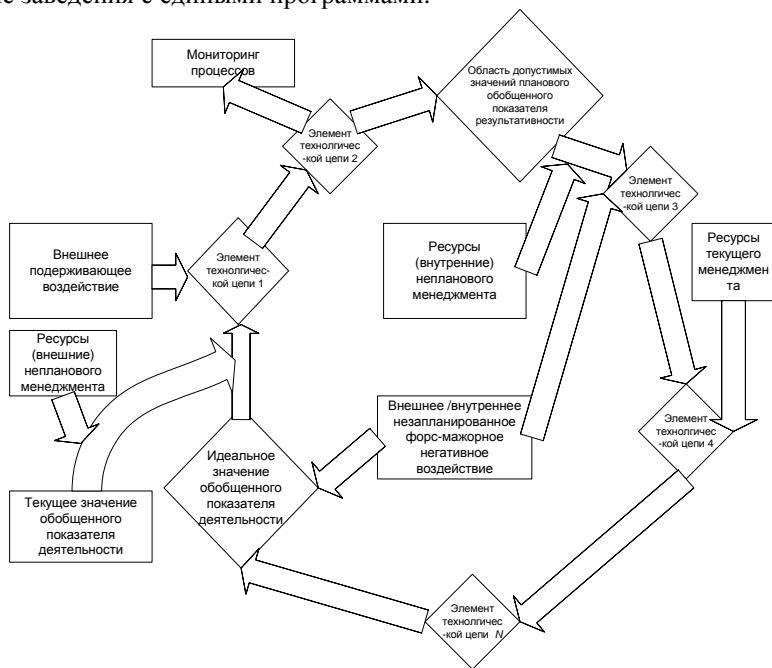


Рис. 3. Схема процесса функционирования предприятия

Благодаря гарантированному финансированию всех процессов и системы управления, внешним условиям, создавалась возможность долговременного выпуска продукции установленного качества, и тем не менее, со временем возникли большие проблемы (рис. 4.) в первую очередь связанные с

большим объемом ручных операций и возникающих из – за этого вопросов, связанных с затратами на заработную плату и зависимостью от квалификации кадров.

В современных динамически изменяющихся условиях руководство предприятия часто в погоне за быстрым результатом может проводить жесткую политику учредителей (хозяев), не думая о развитии.

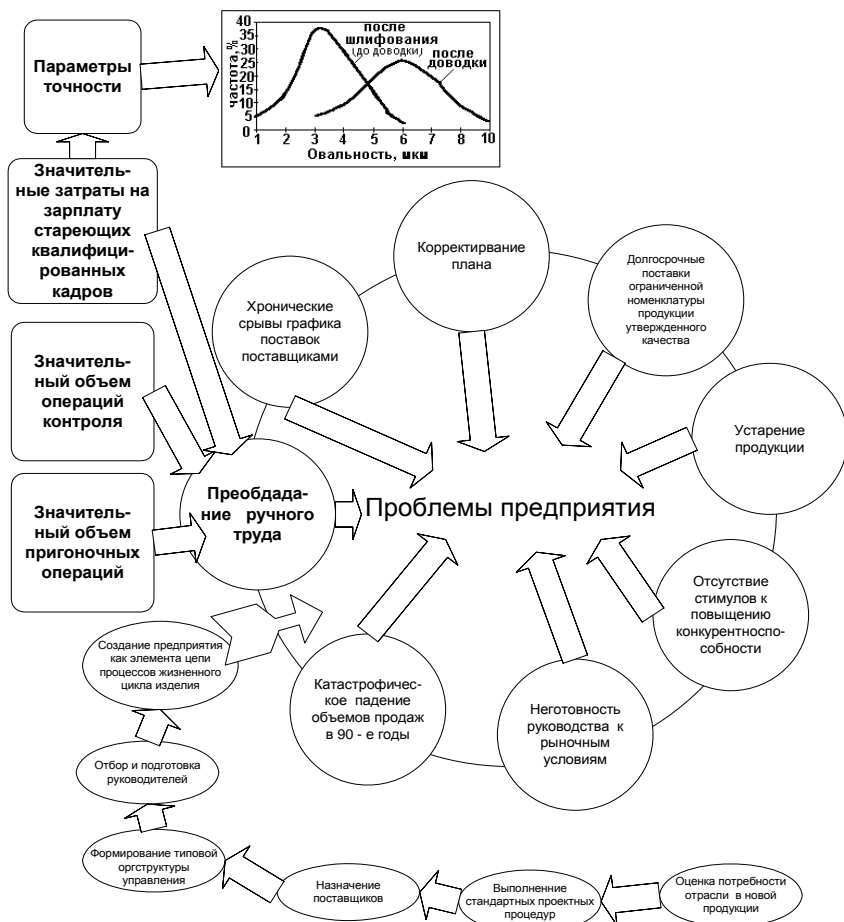


Рис. 4. Схема процессов жизненного цикла предприятия точного машиностроения в административной экономике

Решения принимаются мгновенно не считаясь с последствиями. Результатом этого является: многократные переносы запуска производства; отсутствие материального обеспечения и информационного сопровождения. Даже новое технологическое оборудование не в состоянии полностью обеспечить

стабильное качество и сроки поставок с самого начала (Рис. 5), если не отработаны вопросы поставок сырья, подбора персонала, технологии изготовления, особенно если на предприятии преобладают ручные финишные операции.

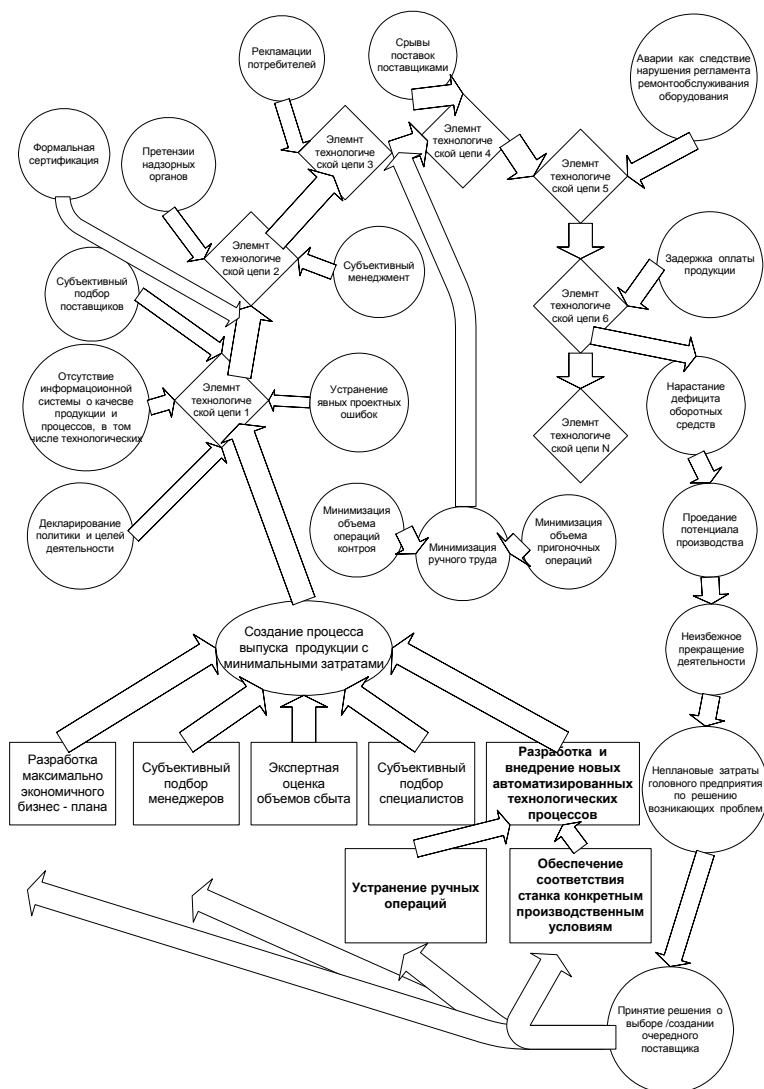


Рис. 5. Вариант схемы процессов жизненного цикла предприятия точного машиностроения в рыночных условиях

Эти операции не являются «гарантирующими» в обеспечении требуемых показателей качества поверхности, а тем более производительности обработки. «Успех» этих операции полностью зависит от квалификации их производителя. При этом возникает значительное количество субъективных «рисков».

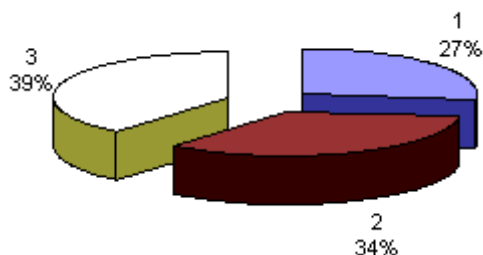


Рис. 6. Современные источники экономического роста: 1 – капитал, 2 – рабочая сила, 3 – технология.

Сказанное выше подтверждает тот факт, что в условиях жесточайшей конкуренции деятельность предприятия следует выстраивать с учетом того, что экономический рост все больше определяется той долей продукции и оборудования, которая содержит прогрессивные знания и новые технологические решения (Рис. 6.).

Типовыми выходными параметрами точности для изделий точного машиностроения сложной пространственной формы (выпускаемых ГП ФЭД) являются технологические погрешности формы и расположения базовых поверхностей (в том числе непрямолинейности действительных осей и перпендикулярности базовых стыковочных поверхностей). По мере прохождения изделия по этапам жизненного цикла происходит постепенное накопление погрешностей и на заключительных этапах будет действовать их наибольшее число. Причем как ранее было сказано превалирование ручных финишных операций создает все условия для увеличения числа и величины систематических погрешностей. Формирование выходных параметров точности можно представить в виде схемы с различными иерархическими уровнями (рис. 7). «Слепая» замена ручных операций на машинную обработку не приведет к значительному результату. Между тем технологическое обоснование станков оказывает большое влияние на их применение [33]. Недостаточный уровень проработки технологического обоснования станка приводит к таким потерям, которые могут свести на нет все его конструктивные усовершенствования. Иными словами, станок, устаревший по своему техническому решению, но со скрупулезно отработанным технологическим обоснованием может оказаться в эксплуатации эффективнее станка (в том числе в энергетическом отношении), опережающего его технически.



Рис. 7. Структурная схема формирования выходных параметров точности изделия

Отсюда вывод, чтобы точно знать потребный технологический потенциал станка (в том числе для финишных операций), следует создавать станок под конкретный технологический процесс. При этом станок следует рассматривать в общности с технологией и организацией производственного процесса. То есть, его технический уровень должен отвечать уровню технологии и организации на конкретном рабочем месте (в особенности в условиях «малолюдной технологии»).

Список литературы: 1. Залого В.А., Дядюра К.А. К вопросу о выборе стратегии отечественных машиностроительных предприятий в отношении конкурентноспособности продукции. // Високі технології в машинобудуванні. - Харків: НТУ «ХПІ», 2007, - Вип.2.-С.91-96. 2. Назаренко С.А. Многодисциплинарный анализ чувствительности для исследования жизненного цикла изделия // Труды 11-й Международной научн.-техн. конф. «Физические и компьютерные технологии».- Харьков.-2005. 3. Piegł L.A. Ten challenges in computer-aided design// Computer-aided design. 2005. №37. р. 461-470. 4. Назаренко С.А. Анализ чувствительности конструкций при воздействии физических полей различной природы// Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут». – Харків, НТУ “ХПІ”, 2006, - Вип. 32. с. 4-7. 5. Мозенков О.В. Реструктуризация предприятий и качество продукции. // Високі технології в машинобуду-

ванні. - Харків: НТУ «ХПІ», 2002, - Вип.1.-С.233-236. 6. Безъязычный В.Ф., Шилков Е.В., Суворов О.Е. Автоматизация проектирования, технологической подготовки производства и обеспечения качества деталей ГТД на базе CALS-технологий // Справочник. Инж. журн. - 2007. - N 2(119). - С.34-37. 7. Брук П., Стародубов В. Обзор возможностей PLM-систем // САПР и графика. - 2004. - N 8. - С.70-75. 8. Галимов Р. Роль CALS-систем в продвижении авиационной техники на мировой рынок // Вестн. авиации и космонавтики. - 2003. - N 5. - С.62-65. 9. Давыдов Ю.В. CALS-технологии - основа качества при производстве наукоемких изделий // ИТПП. - 2005. - N 4. - С.3-6. 10. Соломенцев Ю.М., Митрофанов В.Г. Информационно-вычислительные системы в машиностроении. // CALS-технологии. Ин-т конструкт. -технол. информатики РАН. - М.: Наука, 2003. - 290 с. 11. Кеворков С. Поддержка жизненного цикла изделия // Открытые системы. - 2005. - N 12(116). - С.54-58. 12. Ключков В.В. Организационно-экономические аспекты внедрения CALS-технологий в авиационном двигателестроении // Технология машиностроения. - 2006. - N 5(47). - С.81-86. 13. Концепции развития CALS-технологий в промышленности России. - 2006. - N 8. - С.82-84. 14. Красковский Д. Обзор состояния рынка систем PLM / TDM / PDM / Workflow // САПР и графика. - 2004. - N 12. - С.14-19. 15. Куприков М.Ю. Применение информационных технологий на этапах жизненного цикла изделия // Качество и жизнь. - 2004. - N 4. - С.210-213. 16. Курсин Д.А. Разработка модели управления жизненным циклом изделия на стадии эксплуатации // Вестн. машиностроения. - 2005. - N 9. - С.79-85. 17. Ли К. Основы САПР.CAD / CAM / CAE / Пер. с англ. - СПб.: Питер; Питер Принт, 2004. - 559 с. 18. Маклаков Ю. На пути внедрения ИПИ-технологий // САПР и графика. - 2005. - N 12(109). - С.119-121. 19. Международная конференция "PLM-технологии новой волны" // САПР и графика. - 2004. - N 10. - С.36-38,40-41. 20. Минаев В.Н. ИПИ - технологии. Приоритеты и основные направления работ // ИТПП. - 2006. - N 4. - С.5-7. 21. Олейник А.В. Повышение срока службы изделий машиностроения на основе ситуационного управления процессами сопровождения их жизненного цикла: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / МГТУ "Станкин". - М., 2006. - 34 с. 22. Омельченко И.М., Терентьева З.С. Классификация информационных потоков на стадиях жизненного цикла наукоемкой продукции // Машиностроитель. - 2005. - N 4. - С.2-6. 23. Павлов В.В. CALS-технологии в машиностроении. Математические модели. - М.: ИЦ МГТУ "Станкин", 2002. - 328 с. 24. Надеев А.И., Попова А.И., Сурина А.В. Принципы построения автоматизированных систем поддержки жизненного цикла инновационных продуктов // Датчики и системы. - 2006. - N 11(90). - С.59-63. 25. Соломенцев Ю.М., Митрофанов В.Г. Концепции CALS-технологий // Автоматизация и соврем. технологии. - 2005. - N 9. - С.3-9. 26. Рындин А., Рябенский Л. Ступени внедрения ИПИ-технологий // САПР и графика. - 2006. - N 4. - С.6-9. 27. Lvov G. The integrated information technologies on principles CALS at designing, manufacture and operation of high technology production /// 7 Magdeburger Maschinenbau-Tage. 11 bis 12 Oktober 2005. Pp. 259-263. 28. Суслов А.Г. Комплексное обеспечение качества машин на этапах их жизненного цикла // Качество машин на этапах их жизненного цикла / Под общ. ред. А.Г.Суслова. // Справочник. Инж. журн. Приложение. - 2005. - N 9. - С.2-5. 29. Тихонов А.Н., Барабанов В.В. Проблемы применения ИПИ-технологий для повышения качества и конкурентоспособности наукоемкой продукции // Качество и ИПИ (CALS) - технологии. - 2004. - N 2(2). - С.2-4. 30. Ушаков Д., Прейс С. Математическое обеспечение для интеллектуальных PLM-решений // САПР и графика. - 2003. - N 12. - С.51-53. 31. Шалумов А.С. Информационная интеграция систем компьютерного моделирования физических процессов и САД-систем для создания высоконадежной радиоэлектронной аппаратуры в рамках CALS-технологий // Качество и ИПИ (CALS) - технологии. - 2005. - N 2(6). - С.35-38. 32. Галкина О., Рындин А., Рябенский Л. и др. Электронная информационная модель изделий судостроения на различных стадиях жизненного цикла // САПР и графика. - 2005. - N 4. - С.43-45. 33. Базров Б.М. Концепция совершенствования станочного оборудования и его производства // Вестник машиностроения. - 2004. - № 2. - С.38 - 42.

Поступила в редколлегию 11.12.08